

Федеральное агентство научных организаций (ФАНО России)

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ БИООРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова
Российской академии наук
(ИБХ РАН)**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
по дисциплине
БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ И
БИОТЕХНОЛОГИЯ

Направление подготовки:

1.5. Биологические науки

Направленность (профиль) программы:

1.5.4. Биохимия

1.5.6. Биотехнология

1.5.3. Молекулярная биология

Направление подготовки:

1.4. Химические науки

Направленность (профиль) программы:

1.4.9. Биоорганическая химия

Уровень высшего образования: подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Форма обучения: очная

Разработчик: д.б.н. Буздин А.А.

Рабочая программа составлена на основании федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО), разработанных для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования - программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 1.5. Биологические науки и 1.4. Химические науки.

Согласно ФГОС ВО по направлению подготовки 1.5. Биологические науки, 1.4. Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации) и учебному плану аспирантов, разработанного на основе этих требований, дисциплина «Биологическая эволюция и биотехнология» является обязательной учебной дисциплиной обязательной части Блока 1 образовательной программы по направленности (профилю) 1.5.6. Биотехнология и дисциплиной по выбору по направленности (профилю) 1.5.4. Биохимия, 1.5.3. Молекулярная биология и 1.4.9. Биоорганическая химия на изучение которых отведена 1 зачетная единица. Соответствующий этому объём курс составляет 36 академических часов, из них 14 академических часов лекций, 18 часов самостоятельной внеаудиторной работы аспирантов, включая подготовку к дифференцированному зачету и 4 часа на контроль знаний в форме зачета.

I. Цели и задачи изучения дисциплины

Курс «Биологическая эволюция и биотехнология» играет важную роль в формировании у будущих исследователей и преподавателей научного мировоззрения и современного биолого-химического мышления, достаточной теоретической базы для успешного усвоения аспирантами общепрофессиональных и специальных дисциплин. В процессе изучения курса «Биологическая эволюция и биотехнология» происходит ознакомление аспирантов с современной научной литературой, вырабатываются умение решать конкретные профессионально ориентированные задачи в объёме, установленным ФГОС ВО по направлению подготовки 1.5. Биологические науки, 1.4. Химические науки.

1.1. Цель курса: ознакомление с основами и механизмами эволюционной теории.

1.2. Задачи курса: ознакомление аспирантов с основами и механизмами эволюционной теории, с новыми биотехнологиями, использующими эволюционные принципы и практическими аспектами их использования в науке и медицине.

1.3. Связь с другими дисциплинами: курс «Биологическая эволюция и биотехнология» в той или иной степени имеет непосредственную связь практически со всеми дисциплинами, изучаемыми на протяжении всего времени овладения аспирантами образовательной программы по направлению подготовки 1.5. Биологические науки, 1.4. Химические науки.

II. Требования к уровню освоения дисциплины

В рамках данной дисциплины углубляются и развиваются следующие компетенции: Универсальные компетенции (УК):

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5).

Общепрофессиональные компетенции (ОПК):

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-2).

Профессиональные компетенции (ПК):

- способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (профилю) «Биотехнология (в том числе бионанотехнологии)» (ПК-1);
- обладание представлениями о системе фундаментальных понятий и методологических аспектов биологии, форм и методов научного познания (ПК-2);
- способность приобретать новые знания с использованием современных научных методов и владение ими на уровне, необходимом для решения задач, возникающих при выполнении профессиональных функций (ПК-3);
- обладание опытом профессионального участия в научных дискуссиях, умение представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчетов и научных публикаций (стендовые доклады, рефераты и статьи в периодической научной печати) (ПК-4);
- владение методами отбора материала, преподавания и основами управления процессом обучения фундаментальной биологии в вузе (ПК-5).

В результате освоения дисциплины «Биологическая эволюция и биотехнология» обучающиеся должны:

Знать:

- связь развития биотехнологий и эволюции живой природы;
- феномены и механизмы биологической эволюции;
- значение генетического многообразия и возможное влияние новейших биомедицинских технологий на эволюцию человека;
- методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе, в междисциплинарных областях;
- современные способы использования информационно-коммуникационных технологий.

Уметь:

- использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;
- выбирать необходимые методы и оборудование для проведения исследований;
- работать с научно-технической информацией; выделять и систематизировать основные идеи в

научных текстах;

- критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; -
- при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи;
- выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные методы исследования.

Владеть:

- навыками выбора методов и средств решения задач исследования в области биотехнологии;
- методами теоретического и экспериментального исследования в области биотехнологии;
- навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных), обработки, анализа и систематизации информации;
- навыками критического анализа и оценки современных научных достижений.

III. Объем дисциплины и виды учебной работ

Форма обучения — ОЧНАЯ

Общий объем дисциплины: 1 зачетная единица или 36 академических часов.

Всего часов	Аудиторные занятия (час), в том числе:			Самостоятельная Работа (час)	Контроль (час)
	лекции	практические занятия (семинары)	лабораторные работы		
36	14	-	-	18	4
	14				

Распределение аудиторных часов по темам и видам учебной работы

№	Наименование тем и разделов (с развернутым содержанием курса по каждой теме и разделу)	Аудиторные занятия (час), в том числе:	
		Лекции	Семинары
1	Основы эволюционной теории	2	-
2	Феномены и механизмы биологической эволюции	2	-
3	Молекулярная селекция и направленная эволюция в биотехнологии	2	-
4	Современные медицинские технологии и эволюция	2	-
5	Эволюция продолжительности жизни и проблемы технологий долголетия	2	-
6	Эволюция экосистем	2	-
7	Эволюция генома	2	-
	Всего:	14	-
	Итого:	14	

IV. Содержание курса

Раздел 1.

Основы эволюционной теории

Додарвиновский креационизм как научно обоснованная теория XIX века. Изменчивость при искусственном отборе - основной источник дарвиновской логики. «Всемогущество» естественного отбора. Борьба за существование и альтруизм. Сальтационизм, рождение генетики и современный синтез («синтетическая теория эволюции»). О направленности биологической эволюции. Центральная парадигма молекулярной биологии и эволюция. Наследование приобретенных признаков, эпигенетика. Половой отбор.

Раздел 2.

Феномены и механизмы биологической эволюции

Проблемы полноты палеонтологической летописи. Распад биополимеров и проблемы молекулярных методов анализа ископаемых. Метагеномные подходы. Кембрийский взрыв как чрезвычайно интересное событие в палеонтологической летописи. Вымирание. Источники мутаций, надежность репарации и гены-мутаторы. Роль мобильных элементов и эндогенных вирусов. Транспозиции генов и видообразование. Эволюционируемость как отбираемый признак. Эволюция отдельных генов. Псевдогены. Кооптация и экзаптация. Значение секвенирования полных геномов и метагеномов. Горизонтальный перенос генов.

Раздел 3.

Молекулярная селекция и направленная эволюция в биотехнологии

Самопроизвольная эволюция и проблемы сохранности биотехнологически ценного материала. Стратегии направленной эволюции *in vitro*. Методы диверсификации: химическая рандомизация, случайный мутагенез, склонные к ошибкам ДНК-полимеразы, направленная рекомбинация. Методы селекции *in vitro*: аффинная хроматография, N-гибридные системы, функциональная комплементация, селективная инфекция, высокопоточный скрининг. Аптамеры. Эволюция энзимов и рибозимов *in vitro*. Методы скрининга больших библиотек, фаговый дисплей. Рациональный дизайн как дополнительный этап получения молекул с желаемыми свойствами. Разнообразие антител - классический пример природной молекулярной комбинаторики и получение моноклональных антител как пример молекулярной селекции. Использование рекомбинантных антител в медицине.

Раздел 4.

Современные медицинские технологии и эволюция

Генетическое и фенотипическое разнообразие человека с точки зрения молекулярной генетики. Распространенность основных генетических заболеваний. Методы пренатальной диагностики, молекулярные методы детекции наследственных заболеваний на примере болезней, обусловленных точечными мутациями: муковисцидоз, болезнь Тея-Сакса. Хромосомные aberrации и выкидыши - эволюционное значение, проблемы диагностики болезни Дауна. Гаметный отбор. Значение генетического многообразия и возможное влияние новейших биомедицинских технологий на эволюцию человека.

Раздел 5. Эволюция продолжительности жизни и проблемы технологий долголетия

Эволюция продолжительности жизни. Экспериментальные модели для изучения старения. Демография смертности человека, теория износа. Теория программируемой смерти, гипотеза фенотоза. Эволюционное осмысление процессов старения: теории накопления мутаций и антагонистической плейотропии. Некоторые изученные механизмы старения: предел клеточного деления, роль активных форм кислорода. Долгоживущие мутанты. Влияние продолжительности жизни на приспособленность.

Раздел 6. Эволюция экосистем

Исследование эволюции видов и надвидовых биосистем (экосистем, биосферы в целом) в связи с влиянием на них экологических факторов, внешней среды и эволюция биоценозов. Естественность и дискретность экосистем. Экосистема — реально существующий, а не выделенный для удобства исследователя объект, представляющий собой территориально и функционально отграниченную от других подобных объектов систему взаимодействующих биологических и небологических (напр. почва, вода) объектов. Определяющая роль экосистемных взаимодействий в определении скорости и направлении эволюции популяции. Эволюция как процесс создания и заполнения экологических ниш или лицензий.

Раздел 7. Эволюция генома

Многообразие и структура геномов. Структурная и популяционная геномика. Основные различия эукариотических и прокариотических геномов. Факторы геномной нестабильности. Уровни регуляции генной экспрессии. Межвидовые сравнения. Регуляторная гипотеза. Дубликации фрагментов генома и приобретение новых функций. Ортология и Паралогия. События геномной эволюции. Эволюция бактериальных геномов. Логика случайности в эволюции геномов. Концепции эволюции, основанные на неодарвинизме и современном эволюционном синтезе. Фундаментально новые наблюдения, которые были сделаны в области сравнительной геномики микробов и вирусов в 21 веке.

V. Самостоятельная работа

В процессе освоения предмета предусмотрено самостоятельное изучение отдельных вопросов лекционного курса в виде проработки лекционного материала и соответствующих разделов курса по учебникам.

VI. Итоговая проверка знаний

Форма итоговой проверки и оценки знаний предусматривает контроль знаний в форме дифференцированного зачета с выставлением оценок в пятибалльной системе.

Вопросы для дифференцированного зачета:

1. Происхождение эукариот — самое масштабное событие в истории эволюции со времен возникновения жизни.
2. Исследование эволюции видов и надвидовых биосистем (экосистем, биосферы в целом) в

- связи с влиянием на них экологический факторов, внешней среды и эволюция биоценозов.
3. Логика случайности в эволюции геномов.
 4. Теория программируемой смерти, гипотеза фенотоза.
 5. Эволюционное осмысление процессов старения: теории накопления мутаций и антагонистической плейотропии.
 6. Транспозиции генов и видообразование.
 7. Эволюционируемость как отбираемый признак.
 8. Методы диверсификации: химическая рандомизация, случайный мутагенез, склонные к ошибкам ДНК-полимеразы, направленная рекомбинация.
 9. Методы селекции *in vitro*: аффинная хроматография, N-гибридные системы, функциональная комплементация, селективная инфекция, высокопоточный скрининг. Аптамеры.
 10. Генетическое и фенотипическое разнообразие человека с точки зрения молекулярной генетики. Распространенность основных генетических заболеваний.
 11. Основные различия эукариотических и прокариотических геномов. Факторы геномной нестабильности. Уровни регуляции генной экспрессии.
 12. Межвидовые сравнения. Регуляторная гипотеза. Дубликации фрагментов генома и приобретение новых функций. Ортология и Паралогия.
 13. Концепции эволюции, основанные на неodarвинизме и современном эволюционном синтезе.
 14. Фундаментально новые наблюдения, которые были сделаны в области сравнительной геномики микробов и вирусов в 21 веке.
 15. Эволюционное осмысление процессов старения: теории накопления мутаций и антагонистической плейотропии. Некоторые изученные механизмы старения: предел клеточного деления, роль активных форм кислорода.

VII. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература для освоения теоретического курса

Основная литература:

1. А.С. Северцов. Теории эволюции. М., Изд-во Юрайт, 2020.
2. Р.Райан. Таинственный геном человека. Питер Спб., New Science Мир, 2017.
3. Д.Луома, С.Липкин. Время генома: как генетические технологии меняют наш мир и что это значит для нас. ООО «Альпина нон-фикшн», 2018.
4. Кассимерис Л., Окс Р., Льюин Б. Клетки по Льюину. «Лаборатория знаний», 2016.

Дополнительная литература:

5. Masaharu Takemura. (2001). Poxviruses and the Origin of the Eukaryotic Nucleus. *J Mol Evol.* 52, 419-425.
6. Albert D. G. de Roos. (2006). The Origin of the Eukaryotic Cell Based on Conservation of Existing Interfaces. *Artificial Life.* 12, 513-523.
7. David A Baum, Buzz Baum. (2014). An inside-out origin for the eukaryotic cell. *BMC Biol.* 12.
8. A.M. Poole, S. Gribaldo. (2014). Eukaryotic Origins: How and When Was the Mitochondrion Acquired? *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology.* 6, a015990-a015990.
9. Natalya Yutin, Maxim Y Wolf, Yuri I Wolf, Eugene V Koonin. (2009). The origins of phagocytosis and eukaryogenesis. *Biology Direct.* 4.

10. Joran Martijn, Thijs J.G. Ettema. (2013). From archaeon to eukaryote: the evolutionary dark ages of the eukaryotic cell. *Biochemical Society Transactions*. 41, 451-457.
11. Félix Muller, Terry Brissac, Nadine Le Bris, Horst Felbeck, Olivier Gros. (2010). First description of giant Archaea (Thaumarchaeota) associated with putative bacterial ectosymbionts in a sulfidic marine habitat. *Environmental Microbiology*. 12, 2371-2383.
12. Eelco C. Tromer, Jolien J. E. van Hooff, Geert J. P. L. Kops, Berend Snel. (2019). Mosaic origin of the eukaryotic kinetochore. *Proc Natl Acad Sci USA*. 116, 12873-12882.

Электронные ресурсы

1. «Проблемы эволюции» <http://www.evolbiol.ru/index.html>
2. «Sequence-Evolution-unction»
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/bv.fcgi?rid=sef.TOC&depth=1>
3. «Evo Wiki» [http://wiki.cotch.net/index.php/Main Page](http://wiki.cotch.net/index.php/Main_Page)
4. «Understanding Evolution» <http://evolution.berkeley.edu/>